

经济新常态下软磁铁氧体新材料及磁芯元件 与新概念烧结设备钟罩炉的应用

芮原

南京太平洋磁材设备制造有限公司 210037

关键词：软磁铁氧体新材料，磁芯元件，新应用领域，高效、快速全自动钟罩炉

中图分类号：TM27 文献标识码：B 文章编号：1606-7517(2016)04-4-142

在经济新常态下，新能源领域、高速铁路领域、超高频开关电源领域的发展是国家“十三·五”规划中明确提出的发展方针，在未来五年中将成为我国经济发展的新经济增长点。在上述领域中涉及到的软磁铁氧体材料及磁芯元件是磁材行业新的发展方向，也是未来磁材行业的主流市场，也是今后一段时间各企业竞相研发并实现产业化生产的奋斗目标。

1 新能源领域中软磁铁氧体材料及磁芯元件应用现状

软磁铁氧体材料在新能源产业中的应用主要指以纯电动汽车(EV)和混合动力汽车(HEV)为标志的新能源汽车产业中的应用，以及太阳能、风能等为标志的新能源装置中的开发和应用。

1.1 电动汽车

电动汽车之所以成为本世纪技术开发的宠儿，首先是因为电动汽车直接采用电机驱动，本身不排放污染大气的有害气体；其次，电动汽车能够充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电，大大提高了经济效益。

纯电动汽车(EV)充电装置的感应式充电系统克服了接触式的缺点，安全可靠、性能稳定。代表充电技术的发展方向。在这种充电方式中，充电站端和汽车端各有一个用软磁铁氧体材料制成的大型扁平罐形磁芯，其中嵌绕线圈。充电时两线圈靠近构成一个变压器，靠初次级间的磁感应耦合将高频交流电能由充电站馈送于电池组，TDK公

司PC44、PC47级低损耗材料是制作磁耦合装置较适合的磁芯材料。

电动汽车充电站电源设计一般在10kW-25kW，充电电源的DC-DC高频变压器采用的是低损耗锰锌铁氧体材料及TDK公司PC95级材料。输出DC滤波电感采用的是高磁通密度(25℃/H=1194A/m；Bs>0.5T，100℃/H=1194A/m；Bs>0.45T)的锰锌铁氧体材料(亟待开发)。

1.2 混合动力汽车

混合动力汽车(HEV)为了实现复杂的动力转换和传输功能，HEV动力系统内使用了多件功率转换用变压器和扼流圈。为了确保在恶劣环境下长期可靠运行，并保持高效率，这些变压器和扼流圈的磁芯均采用高性能、宽温低损耗功率软磁铁氧体材料制成及TDK公司PC95级材料。HEV核心部件之一是电能转换用DC-DC变换器，它采用这种共振电路来增强效率，降低噪音，这是未来软磁铁氧体磁芯元件新的主流高端市场。

1.3 汽车电子(照明、导航、音视频系统)

汽车电子(照明、导航、音视频系统)由于广泛采用高强放电方式，汽车电源变成42伏，这样宽温、宽频、低损耗铁氧体软磁(TDK公司PC47、PC95)在DC-DC变换器、DC-AC逆变器、EMC噪声滤波器中的应用迅速增加。是软磁铁氧体行业未来高端主流市场。

1.4 现代轨道交通(地铁、轻轨、有轨电车和磁悬浮列车)

特点：运量大、速度快、安全、环保、节能。动力：电驱动。通常使用直流高压供电，由变电所 10kV 高压交流整流变换为 750V 或 1500V 直流电馈送上牵引动力网，由机车采用接触网或第三轨方式从动力网受电，再通过不同的电源转换系统，用于牵引动力、控制、空调、气泵、风机、照明、信号、通讯显示等系统。主要电源转换部份由主牵引 AC-DC 逆变器、辅助牵引 AC-DC 逆变器、110VDC-DC 变换器、240VDC-DC 变换器组成。主变压器采用大 EE 型磁芯元件 PC44、PC47 材料制成。

1.5 光伏（太阳能、风能）

光伏发电系统 DC-AC 逆变器中将太阳能、风能模组输出的直流电转成交流电。光伏逆变器中的磁芯元件主要包含：EMC 滤波器、Boost 升压电感、逆变电感、高低频隔离变压器、驱动变压器、互感器与（漏）电流传感器等。

光伏发电系统的逆变器中，需使用软磁铁氧体磁芯的器件主要有：

a. 高频变压器

在逆变器采用高频变压器绝缘主电路中，起绝缘及功率变换作用的器件是高频变压器，通常须使用锰锌软磁铁氧体磁芯。

b. 驱动变压器

在逆变器中，进行信号变换和驱动开关器件是驱动变压器。工频 (50Hz) 驱动变压器用硅钢片叠装磁芯。高频驱动变压器需要使用锰锌软磁铁氧体磁芯。

c. 抗电磁干扰滤波电感器

在光伏电站逆变器主电路中，输入和输出端都应当接抗共模和差模干扰滤波电路，其中电感器参照抗电磁干扰标准设计。抗电磁干扰共模滤波电感器和差模滤波电感器，都需要使用软磁铁氧体磁芯。

2 高速铁路领域信号控制系统中软磁铁氧体材料的应用及要求

在高速列车运行中，由于速度高司机辨认地面信号是非常困难的，依靠司机驾驶列车以保证安全已不可能。而必须强化列车信号控制系统和速度控制系统。

在高速列车运行中，机车信号提供的速度等级是直接指挥列车运行的命令，因此必须高可靠、高安全、不受环境因素影响。具有很高的抗干扰能力，作为主体信号控制系统必须确保接收信息在整个列车运行中的正确率达 100%。

在信号变换中，对磁性材料及磁芯元件要求：必须是宽温 (-40℃ -85℃, $\Delta L < 1\%$)、宽频、低磁滞损耗系数 (η)、低比损耗因子 ($\tan \delta / u$)、高品质因素 (Q)、高机械强度、根据应用环境不同材料磁导率 (μ): 2000-10000 范围。

此类磁芯元件通常为 P 型磁芯元件系列。

2 超高频 (500kHz—1000kHz) 开关电源 (SMPS) 的发展趋势

随着信息产业技术的迅速发展，高端制造设备对开关电源向高频化、小型化、轻量化的发展趋势越显迫切。典型的代表性超高频电源铁氧体材料为日本 TDK 公司 PC50 材质、FDK 公司 7H10、7H20 材质及荷兰 Philips 公司 3F3、3F4 材质、中国金宁厂 R1.4K 材质。尽管上述材料自研发问世以来已有二十年，因受其它电子元件限制，还没有形成磁材行业的主流市场，随着电子元器件的发展超高频开关电源在未来 2-3 年会形成磁材行业主流市场。

3 上述软磁铁氧体材料及磁芯元件烧结技术与新概念烧结设备的探讨

在经济新常态条件下，上述锰锌软磁铁氧体材料除粉料制备核心技术以外，磁芯元件制造的关键技术在于烧结设备与烧结技术的控制，据文献报道：行业内较多企业均能产业化生产类似于 TDK 公司 PC44、PC47、PC90、PC50 等高端材料。实际水准相差较大，产业化生产谈何容易。从 TDK 公司不同材质型号的磁芯元件用电镜扫描分析 (SEM) 结果可看出：

如：TDKPC44 材质平均晶粒直径：8 μ m。TDKPC47、PC90 材质平均晶粒直径：6 μ m。TDKPC50 材质平均晶粒直径：3 μ m。而国内企业类似材料平均晶粒直径：10-15 μ m。从上述现象得出：材料微观结构的变化、晶粒尺寸的大小对磁芯损耗的影响极大，由于晶粒直径的增大、高频下涡流损耗急剧增加，导致磁芯总损耗恶化。要解决此类问题的关键就是优化烧结技术，实现低温高密度的烧结方案，南京太平洋磁材设备制造有限公司推出 4 垛、8 垛、12 垛高效、快速新概念全自动钟罩炉烧结设备很好的解决了上述问题。

4 新概念钟罩炉烧结高端磁芯元件的理论基础

国内经济形势已进入新常态，对实体经济而言要适应经济新常态经济模式就必须改变传统的生产经营活动，南

京太平洋磁材设备制造有限公司推出的4垛、8垛、12垛高效、快速全自动系列钟罩炉正适合于经济新常态下的磁材企业生存发展需求：南京太平洋磁材设备制造有限公司经过二十多年的不懈努力、攻坚克难，开发成功了拥有2项应用专利的全新概念烧结设备，由于铁氧体行业对技术要求的不断提高，在窑炉设计、气氛控制、温度控制等方面都发生了根本变化，进一步提高烧结设备质量水平。在磁材及相邻行业打下了坚实基础，且在业内具有较高的知名度和信誉度，已初步形成企业的核心竞争力。新概念全自动烧结设备具有：高可靠性、高效率、高性价比及低碳环保的新理念。它的问世极大的满足了不同客户、不同群体的迫切需求。在铁氧体烧结理论方面其优越性突显而出。

4.1 在高可靠性方面

南京太平洋磁材设备制造有限公司新概念全自动钟罩炉在设计方面实现了编程自动化，菜单式操作、窑炉控制直观、简单，维修保养简捷方便。烧结方案重复性好，用于品质控制窑炉的实时参数管理，可满足任何气氛曲线、温度曲线、压力曲线、抽气曲线的设定与追踪。窑炉温度均匀性与气氛均匀性好。通过烧结技术优化，排胶与烧结一次性完成，同时延长炉体的使用寿命，多数功率产品可在24小时内烧成，充分利用峰谷电来降低制造成本。利用相关数学模型来控制温度和气氛在整个炉内的变化，全炉采用气密性设计。用户还可根据不同产品形式和排坯方式进行设备定制，可选订其它辅助系统装置，例如：内循环系统等等。在高端材料烧结方面可实现快速切换，在MnZn软磁应用领域主流市场，新能源领域、高铁领域、超高频开关电源领域未来主流市场所涉及新材料。如：Hui材料：R10K、R10KQ、R12K、R12KQ。LP材料：PC40（高Q）、PC95、PC44、PC47、PC50及低谐波失真系数（THD）用于网络通讯（XDSL）的R4K材料、DC—Baic材料（ $25^{\circ}\text{C}/\text{H}=1194\text{A}/\text{m}；\text{Bs}>0.5\text{T}$ ， $100^{\circ}\text{C}/\text{H}=1194\text{A}/\text{m}；\text{Bs}>0.45\text{T}$ ）等。上述软磁高端材料及制成的各种磁芯元件基本覆盖了整个射频段（1kHz—1000kHz）软磁器件的所有应用场合，由于磁芯元件的应用场合不同、这些材料制成的各种磁芯元件的微观结构差异极大，导致窑炉烧结工艺编制与设定的要求极高，对于推板式隧道窑很难满足高端材料烧结工艺的要求，南京太平洋磁材设备制造有限公司生产的批装式新概念全自动钟罩炉很好的解决了上述工艺难点。使软磁材

料制成的各种磁芯元件的微观结构得以很好的控制，从根本上解决了长期以来困扰窑炉烧结重复性差的技术难点！

高端软磁材料对烧结工艺及钟罩炉控制的基本要求：

a. 抗电磁干扰（EMI）滤波电感器：Hui材料：R10KQ、R12KQ材料制成的各种环形磁芯，在发电站逆变器主电路中，输入和输出端都应当接抗共模和差模干扰的滤波电路，其中的滤波电感器参照抗电磁干扰标准进行设计。抗电磁干扰共模滤波电感器、差模滤波电感器均采用软磁铁氧体磁芯元件（频率20kHz—40kHz）。这类材料是软磁Hui类顶级材料，市场供不应求、属主流市场。晶粒尺寸要求：40um—50um。烧结温度：1380℃—1420℃。烧结气氛：纯氧烧结法+平衡气氛逸进法、空气烧结法+平衡气氛逸进法。

b. 高端开关电源（SMPS）主变压器、适配器（adaptor）、LED—TV驱动变压器、LED照明（稳流源）、HID（车前照灯安定器）、新能源、高速铁路领域等高端软磁变压器中所使用的各种磁芯元件使用频率范围50kHz—500kHz，所用LP高端材料：PC40（高Q）、PC44、PC47、PC95。市场供不应求，属主流市场。晶粒尺寸：6um—10um（图1、图2、图3）。烧结温度：1250℃—1300℃。烧结气氛：平

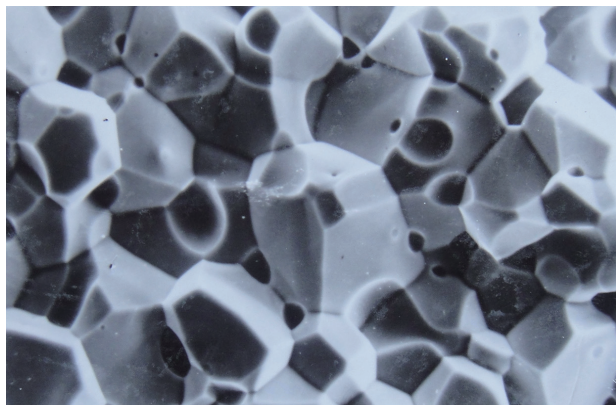


图1 PC44材料EPC19磁芯元件SEM晶相照片d=8um

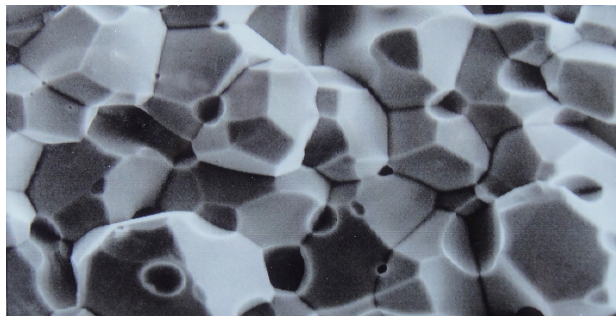


图2 PC47材料EFD20磁芯元件SEM晶相照片d=6um

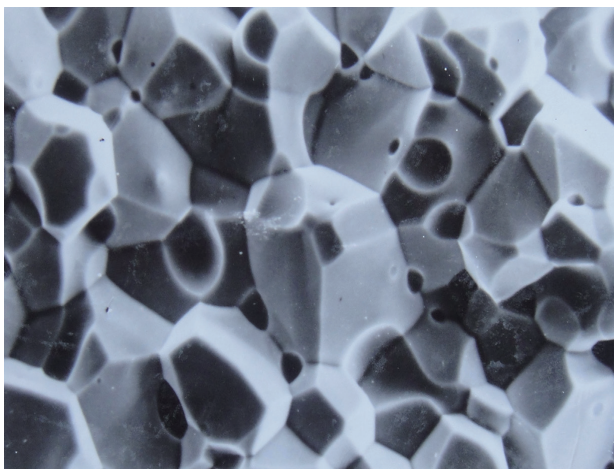


图3 PC95材料p42磁芯元件SEM晶相照片d=8um

衡气氛递进法。

c. 超高频开关电源 (SMPS) 主变压器使用频率 500kHz-1000kHz, 所用超高频 LP 材料:PC50、7H10、7H20、3F3、3F4: 属前位市场, 随着电子技术的发展 SMPS 小型化、薄型化、轻量化是 SMPS 永恒的发展主题。未来 2-3 年该类材料制成的各种磁芯元件定会成为主流市场。晶粒尺寸: 2um-4um。烧结温度 1100℃-1200℃。烧结气氛: 平衡气氛递进法。

d. 实现大磁芯元件的生产需求: 为适应新能源产业、高速铁路领域的设计要求许多逆变电源均采用较大的软磁铁氧体元件, 南京太平洋窑炉设备制造有限公司新概念全自动钟罩炉系列很好的解决了大磁芯元件烧结工艺控制上的诸多质量缺陷。磁芯元件综合电磁性能、外观、尺寸、密度、机械强度得以全面提升, 满足现代软磁铁氧磁芯元件的基本要求, 得到行业内企业的普遍认可。

4.2 在高效率方面

南京太平洋磁材设备制造有限公司新概念全自动钟罩炉完全实践了无须人工介入、坯件装载量大、烧结周期短 (4 垛钟罩炉: 0.5 吨 / 炉、8 垛钟罩炉: 1 吨 / 炉、12 垛钟罩炉: 1.5 吨 / 炉) 约 24 小时, 可充分利用峰、谷电价调控降低烧结成本。

4.3 在高性价比方面

南京太平洋磁材设备制造有限公司高效、快速新概念全自动钟罩炉有多款品种供客户选择。高性价比充分体现如下方面:

a. 按时按需生产: 生产准备时间短、在经济新常态的模式下小订单多品种的灵活生产方式可实现。

b. 2 个烧结周期间隔时间极短、每个烧结程序均可自由编程、人员可灵活安排、库存成本最低。完全可实现磁性材料企业的精益化生产管理方式。

c. 高投资回报率: 新概念全自动钟罩炉完全实现了高可靠性自动化生产, 使窑炉运行固定成本降低 (水、电、气、辅材)、人力成本降低 (省人、省时)、维修成本降低、产品合格率大幅提高, 温度曲线、气氛曲线、压力曲线可精确控制, 烧结产品电磁特性优良、尺寸一致、磁芯元件机械强度高, 消除了长期以来困扰磁材行业诸多的产品质量缺陷, 如: 磁芯开裂、掉块、变形等等, 企业利润率提高。是经济新常态下最合理、最经济、最高效的高端烧结设备。

d. 高附加值磁芯元件的制造得以实现, 长期以来国内大部份磁材企业均以传统的高效率磁芯元件为主。这类产品的特点售价低, 影响企业正常的生产经营活动。新概念全自动钟罩炉实现了高端磁芯元件的生产需求。扩大企业市场占有率, 改善企业生产经营活动的现状。

5 结束语

本文中叙述了现代软磁铁氧体新材料及磁芯元件的制造并在新领域的应用现状, 对新概念全自动烧结设备钟罩炉做了综合介绍。在经济新常态下企业为适应市场需求新概念全自动钟罩炉以高可靠性、高效率、低成本获业内同仁一致好评, 满足了众多企业生产需求。是现代磁性材料制造的首选烧结设备。

参考文献

- (1) 中国磁性材料与器件行业年鉴 (2014)
- (2) 现代软磁铁氧体材料及磁芯元件制造技术探讨 徐敏 (2015年成都)